

JP10-90537A

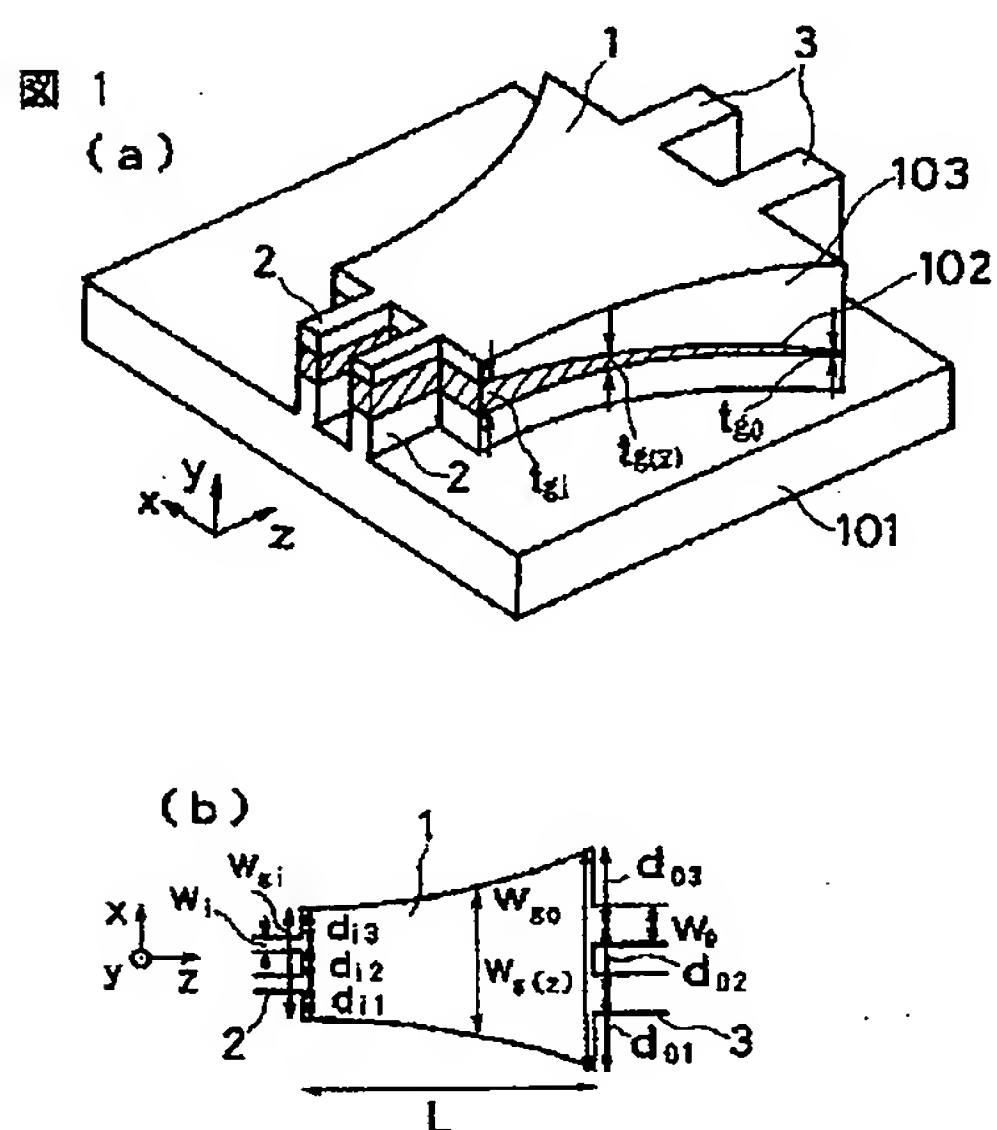
[Fig. 1]

1: MMI  
 2: input waveguide  
 3: output waveguide  
 101: semiconductor substrate  
 102: waveguide core layer  
 103: cladding layer  
 L: length of device  
 $t_g$ : thickness of core (position  $z$ )  
 $t_{gi}$ : thickness of core  
 $t_{go}$ : thickness of core  
 $W_i$ : width of input waveguide  
 $W_o$ : width of output waveguide  
 $W_{gi}$ : width of a side of optical input of MMI  
 $W_{go}$ : width of a side of MMI's optical output  
 $W_g(z)$ : width of MMI (position  $z$ )  
 $d_{i1-3}$ : intervals of input waveguides  
 $d_{o1-3}$ : intervals of output waveguides

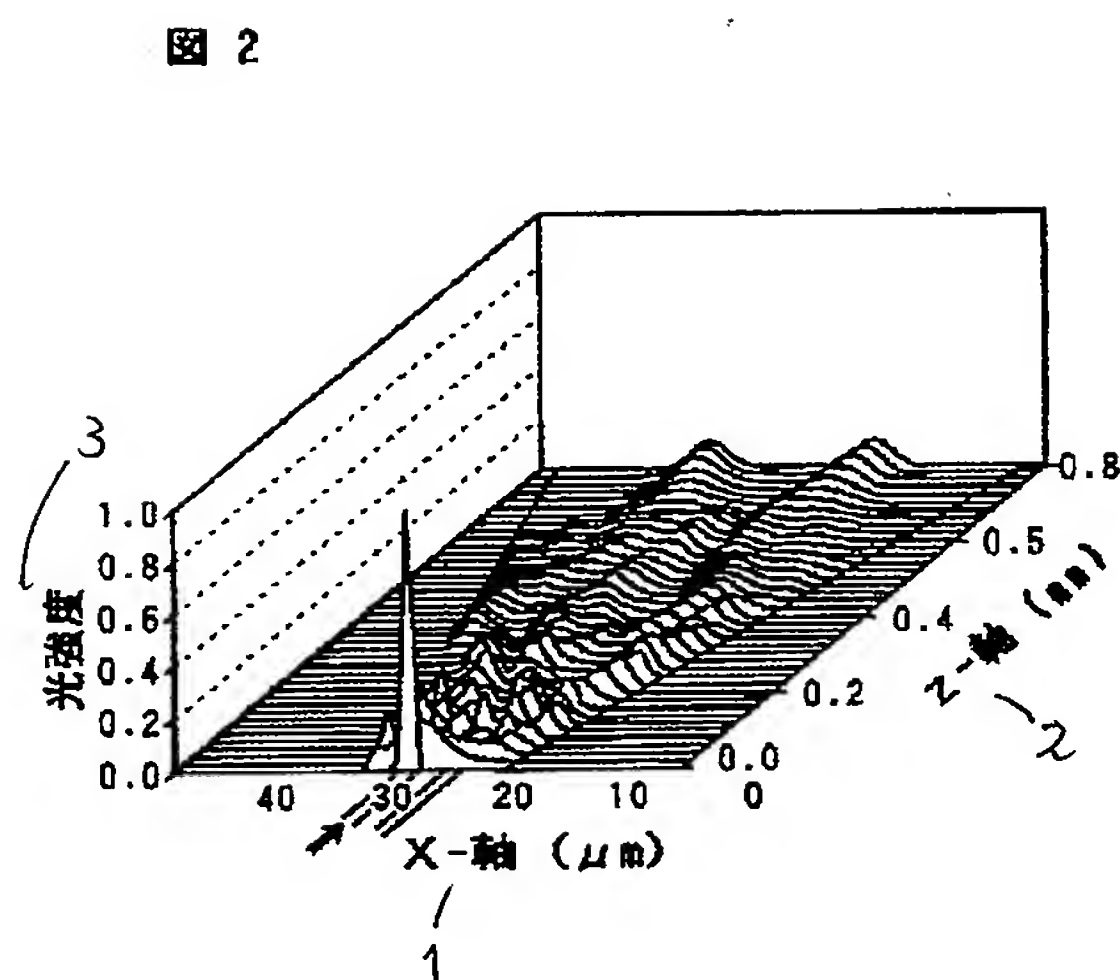
[Fig. 2]

1. X軸: X-axis  
 2. Z軸: Z-axis  
 3. 光強度: light intensity

【図1】



【図2】



1: MMI  
 2: 入力導波路  
 3: 出力導波路  
 101: 半導体基板  
 102: 導波路コア層  
 103: クラッド層

L: デバイス長  
 $t_g(z)$ : コア厚(位置  $z$ )  
 $t_{gi}$ : コア厚  
 $t_{go}$ : コア厚  
 $W_i$ : 入力導波路の幅  
 $W_o$ : 出力導波路の幅  
 $W_{gi}$ : MMI 光入力側の幅  
 $W_{go}$ : MMI 光出力側の幅  
 $W_g(z)$ : MMI 部の幅(位置  $z$ )  
 $d_{i1-3}$ : 入力導波路の間隔  
 $d_{o1-3}$ : 出力導波路の間隔

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-090537

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

(21)Application number : 08-242952

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 13.09.1996

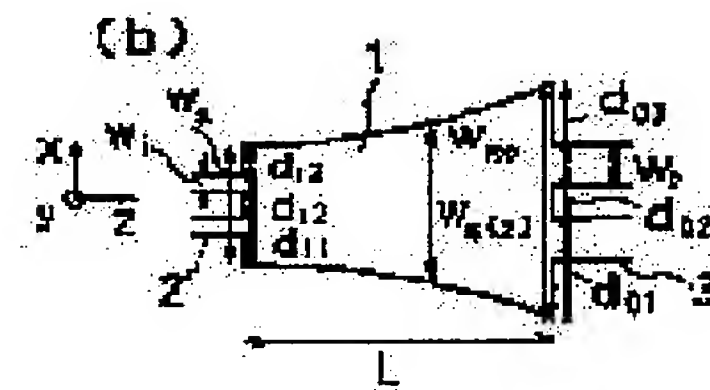
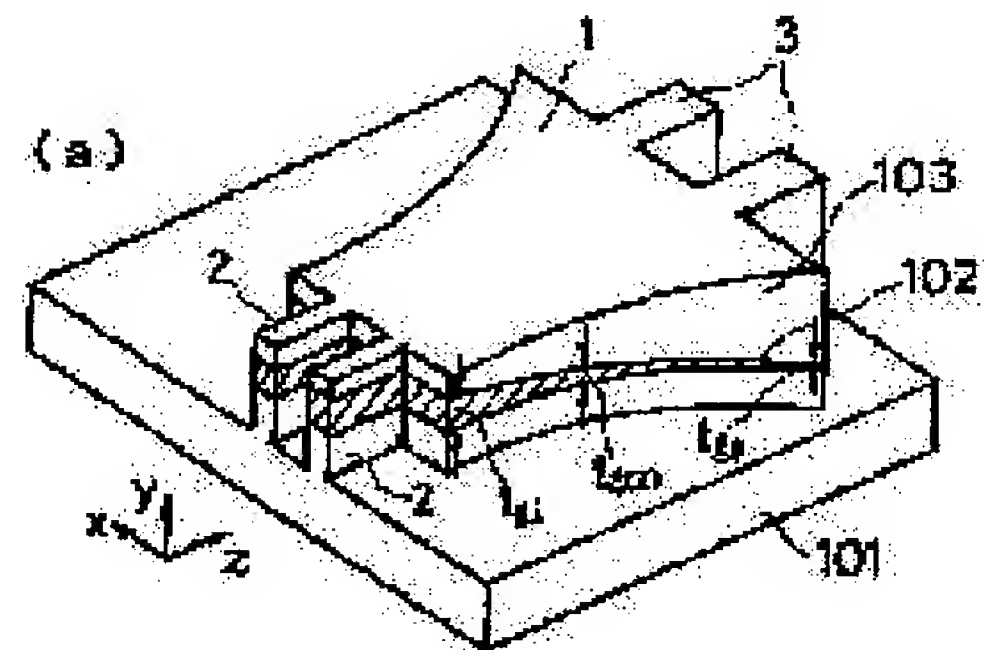
(72)Inventor : MITOMI OSAMU  
SHIBATA YASUO  
OKU SATORU  
YOSHIMOTO NAOTO  
KAWAGUCHI NOBUHIRO

## (54) OPTICAL MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER CIRCUIT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small-sized optical multiplexer/demultiplexer circuit capable of converting a spot size of waveguide light with a low loss and constituting in a short device-length.

SOLUTION: In a multi-mode interference waveguide (MMI1) provided with an input waveguide 2 of at least one part or more and an output waveguide 3 of at least one part or more, the widths of the input/output waveguides 2, 3 are changed in a tapered shape toward the light propagative direction. Further, the width of the MMI1 is changed in an input part, a middle part and an output part. Further, the ratio between the widths of the input/output waveguides 2, 3 is changed from the same of the waveguide widths of the input/output sides of the MMI1. Further, effective thicknesses or refractive indexes of a waveguide core layer 102 are changed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3434986

[Date of registration]

30.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

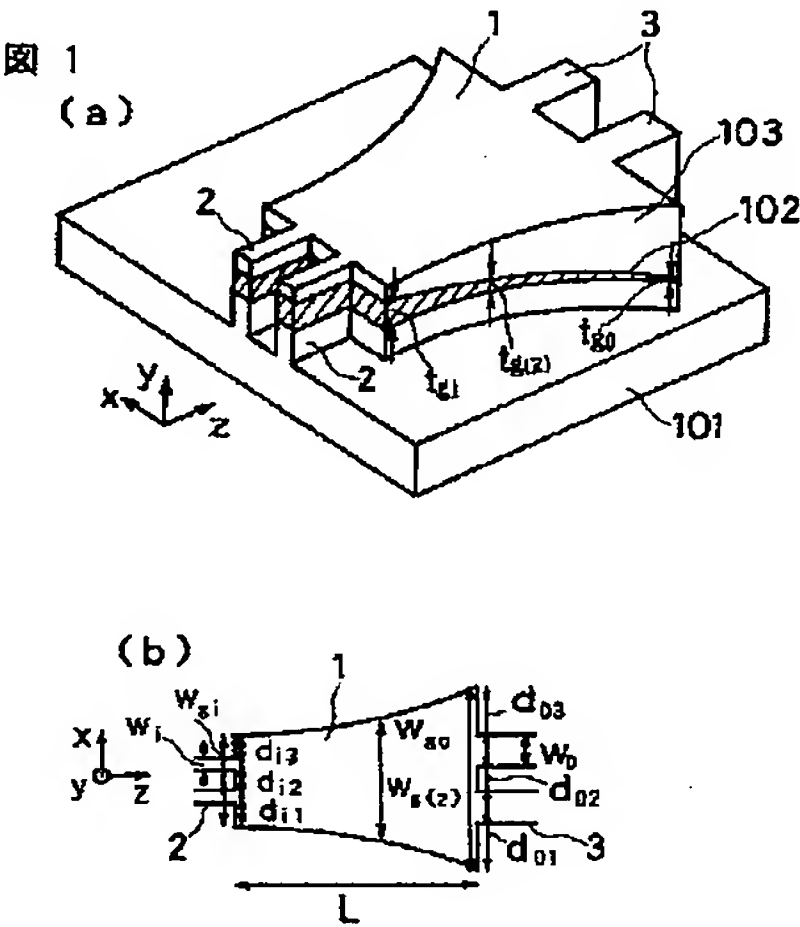
(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号 F I  
G 0 2 B 6/122 G 0 2 B 6/12 D

審査請求 未請求 請求項の数5 O L （全 7 頁）

(21)出願番号	特願平8－242952	(71)出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号
(22)出願日	平成8年(1996) 9月13日	(72)発明者	三 富 修 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72)発明者	柴 田 泰 夫 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(72)発明者	奥 哲 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(74)代理人	弁理士 中村 純之助
		最終頁に続く	

(54)【発明の名称】 光合分波回路

(57)【要約】  
【課題】導波光のスポットサイズを低損失で変換できると共に、デバイス長を短く構成できる、小形の光合分波回路を提供することを目的とする  
【解決手段】少なくとも一箇所以上の入力導波路2と、少なくとも一箇所以上の出力導波路3を有する多モード干渉導波路（MMI 1）において、入出力導波路2、3の幅を光伝搬方向に向かってテーパ状に変化させる。また、導波路の幅を入力部、中間部、出力部でMMI 1の幅を変化させる。また、入出力導波路2、3の幅の比率と、MMI 1の入出力側の導波路幅の比率とを異ならせる。また、導波路コア層102の実効的厚さ、もしくは屈折率の大きさを変える



1: MMI	L: デバイス長
2: 入力導波路	$t_g(z)$ : コア厚(位置 $z$ )
3: 出力導波路	$t_{gi}$ : コア厚
101: 半導体基板	$t_{go}$ : コア厚
102: 導波路コア層	$W_i$ : 入力導波路の幅
103: クラッド層	$W_o$ : 出力導波路の幅
	$W_{gi}$ : MMI 光入力側の幅
	$W_{go}$ : MMI 光出力側の幅
	$W_g(z)$ : MMI 部の幅(位置 $z$ )
	$d_{i1} \sim 3$ : 入力導波路の間隔
	$d_{o1} \sim 3$ : 出力導波路の間隔

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも一箇所以上の光入力部と、少なくとも一箇所以上の光出力部を有する多モード干渉導波路で構成された光合分波回路において、上記多モード干渉導波路の幅を光伝搬方向に向かってテーパ状に変化させることを特徴とする光合分波回路。

【請求項2】上記多モード干渉導波路の光出力側の導波路幅を、上記多モード干渉導波路の光入力側の導波路幅と異なる大きさを構成することを特徴とする請求項1に記載の光合分波回路。

【請求項3】上記多モード干渉導波路の中間部の導波路幅を、上記光入力側および上記光出力側の導波路幅より狭くした事を特徴とする請求項1または2に記載の光合分波回路。

【請求項4】上記光入力部に入力導波路を用い上記光出力部に出力導波路を用いて、上記入力導波路の幅( $W_i$ )と上記出力導波路の幅( $W_o$ )の比 $W_i/W_o$ と、上記多モード干渉導波路の上記光入力側の導波路の幅( $W_{gi}$ )と上記光出力側の導波路の幅( $W_{go}$ )の比 $W_{gi}/W_{go}$ とが異なることを特徴とする請求項1、2または3に記載した光合分波回路。

【請求項5】上記多モード干渉導波路のコアの実効的厚さ、もしくは屈折率の大きさを、光伝搬方向に向かってテーパ状に変化させることを特徴とする請求項1、2、3または4に記載の光合分波回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光導波路を伝わる導波光を低損失で合波あるいは分波すると共に、そのスポットサイズを変換する光合分波回路に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光スイッチ、あるいは複数の半導体レーザダイオード(LD)からの光波を少なくとも1本以上の導波路や光ファイバに光結合をとるために、光合分波回路が用いられる。この光合分波回路の一つとして、多モード導波路内の各モード間の干渉を利用して光波の合分波機能を持たせた多モード干渉導波路〔以下、MMI(Multi-Mode Interferometer)と称す〕がある。この様なMMIによる光合分波回路は、その低損失性や製作の容易性等の特長を有することから広く用いられている。

【0003】図10は従来のMMIによる2×2光合分波回路の基本構成を示す図で、(a)は斜視図、(b)は上面図である。図に示すように、半導体基板1001上に、導波路コア層1002とクラッド層1003とによりMMI1が構成され、入力光4a側に2個の入力導波路2、出力光4b側に2個の出力導波路3が接続して構成されている。本構成の場合、導波路はリッジ構造をとっており、また導波路側面を保護するために誘電体膜

を覆うように構成したり、あるいはエピタキシャル成長法によって半導体層(クラッド層1003)を導波路部側面に埋め込むように構成している。入出力導波路2、3は、MMI1にハイブリッドに集積されるか、もしくは少なくとも半導体基板1001を共用してモノリシックに集積されて接続され、光スイッチ等の半導体機能デバイス部の導波路の導波光と同じ大きさのスポットサイズを与える構造をとっている。例えば、波長1.55 $\mu$ m帯の導波光の場合、通常、半導体基板1001とクラッド層1003にはInPが、導波路コア層1002にはInGaAsP、あるいはモノリシックに集積される半導体機能デバイス部の導波路材料・構造が用いられる。上記半導体機能デバイス部の導波光のスポットサイズ(半径)は、通常、0.1 $\mu$ m~2 $\mu$ m程度になるために、入力導波路2の幅 $W_i$ (= $W_o$ )=0.5~3 $\mu$ m、MMI1の幅 $W_g$ =5~20 $\mu$ m、導波路コア層1002のコア厚 $t_g$ =0.1~1 $\mu$ m程度の大きさが選ばれる。MMI1の損失・クロストークを低減するために、図10の2×2(入力数×出力数)構成の光合分波回路の場合、入力導波路2の位置は例えば $d_1=d_2=d_3=W_g/3$ の関係で設定される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、このような従来の半導体MMIの光合分波回路においては、入出力導波路2、3は、多くの場合光ファイバあるいはガラス導波路等、他材料の導波路と接続される。通常、光ファイバあるいはガラス導波路の導波光スポットサイズは5 $\mu$ m程度であり、半導体導波路のスポットサイズより数倍大きいために、両者の導波路間で直接光結合をとると大きな結合損失を生じてしまう。この問題解決のために、例えばレンズあるいはスポットサイズ変換導波路を介して光結合がとられるが、いずれもデバイス製作、パッケージ実装が困難であるという問題と共に、結合損失が数dB以上生ずるという欠点があった。

【0005】また、入出力導波路2、3の幅 $W_i$ 、 $W_o$ を大きくしてMMI1を構成しようすると、MMIの低損失性、低クロストーク性の制約から、MMI1の幅 $W_g$ も大きくする必要がある。しかしながら、最適なMMI1の長さLは、原理的に幅 $W_g$ に対して、

## 【0006】

$$【数1】 L = C \cdot n_g \cdot W_g^2 / \lambda_0 \text{ --- (1)}$$

(ここで、C:定数、 $n_g$ :コア層の屈折率、 $\lambda_0$ :導波光の波長)の関係があるので、 $W_g$ を大きくするにしたがって、Lは著しく長くなり、光合分波回路が大形になる問題があった。同様に、入出力導波路2、3の分岐数が多数個ある従来の光合分波回路では、デバイス製作時の導波路加工あるいはクロストーク等の特性の制約から、入出力導波路2、3の幅 $W_i$ 、 $W_o$ 、導波路間隔dを無制限に小さくは出来ない。したがって、分岐数が多くなるほど、MMI1の幅 $W_g$ を大きくする必要がある

じ、これに伴って、MMI 1のデバイス長Lも長くなる欠点があった。

【0007】本発明は上述の課題を解決するためになされたもので、導波光のスポットサイズを低損失で変換できると共に、デバイス長を短く構成でき、小形の光合分波回路を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明においては、少なくとも一箇所以上の光入力部と、少なくとも一箇所以上の光出力部を有する多モード干渉導波路で構成された光合分波回路において、上記多モード干渉導波路の幅を光伝搬方向に向かってテーパ状に変化させる。

【0009】また、上記多モード干渉導波路の光出力側の導波路幅を、上記多モード干渉導波路の光入力側の導波路幅と異なる大きさに構成する。

【0010】また、上記多モード干渉導波路の中間部の導波路幅を、上記光入力側および上記光出力側の導波路幅より狭くする。

【0011】また、上記光入力部に入力導波路を用い上記光出力部に出力導波路を用いて、上記入力導波路の幅( $W_i$ )と上記出力導波路の幅( $W_o$ )の比 $W_i/W_o$ と、上記多モード干渉導波路の上記光入力側の導波路の幅( $W_{gi}$ )と上記光出力側の導波路の幅( $W_{go}$ )の比 $W_{gi}/W_{go}$ とを異ならせる。

【0012】また、上記多モード干渉導波路のコアの実効的厚さ、もしくは屈折率の大きさを、光伝搬方向に向かってテーパ状に変化させる。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る光合分波回路の実施の形態を示す図で、(a)は全体構成の斜視図、(b)は上面図である。図に示すように、半導体基板101上に、導波路コア層102と、クラッド層103とにより、MMI 1が構成され、光入力部として、2箇所に入力導波路2を設け、光出力部として、2箇所に出出力導波路3が設けられている。(以下2×2光合分波回路と称す。一般的に光入出力部分岐数がそれぞれM、Nの場合、M×N光合分波回路と称す。)入力導波路2、出力導波路3の構造は、基本的にはMMI 1と同じ構造をとり、外部から入力導波路2に接続される半導体光機能デバイスの導波光と同じ大きさのスポットサイズを与えるように、入力導波路2の幅 $W_i$ 、MMI 1光入力側の幅 $W_{gi}$ 、コア厚 $t_{gi}$ の寸法ならびに材質が設定される。また、MMI 1の光出力側では、出力後のスポットサイズに合わせるように、出力導波路3の幅 $W_o$ 、MMI 1光出力側の幅 $W_{go}$ 、コア厚 $t_{go}$ が設定される。ここでは、光入力側と比較して光出力側の導波光のスポットサイズを拡大している場合を示している。横(x軸)方向のスポットサイズは、MMI 1の幅 $W_g(z)$ を光軸(z軸)方向でテーパ状に徐々に広げる事によって

拡大されている。そのテーパ形状については、例えば放物線状、指数関数状等の曲線形状、直線形状、あるいはそれらの組み合わせでもよい。

【0014】縦(y軸)方向のスポットサイズは、コア厚 $t_g(z)$ をz軸方向で徐々に薄くして縦方向の導波路閉じ込め効果を弱くすることによって拡大している。なお、導波路コア層102については、多層膜構成としてその層数を徐々に減らしてその層厚を薄くする方法、導波路コア層102の屈折率の大きさを徐々に小さくする方法、あるいは多層膜構成の内一部の層の幅を徐々に狭める方法によって実効的に導波路コア層102の厚さを変化させ、縦方向の閉じ込め効果を弱める構造にしてもよい。また、逆に、コア厚 $t_g(z)$ を必要なスポットサイズの大きさに合わせて、徐々に厚く構成してもよい。

【0015】入出力導波路2、3の位置については、光合分波回路の過剰損失・クロストークが小さくなるように構成される。例えば光入力側では $d_{i1} = d_{i2} = d_{i3} = W_{gi}/3$ 、光出力側では $d_{o1} = d_{o2} = d_{o3} = W_{go}/3$ 程度の大きさになる位置に設定すればよい。ただし、この導波路位置関係のみに制約されるものではなく、機能デバイス等の接続されるデバイスの配置に応じて、これらの間隔を適切に設定すればよい。半導体基板101、クラッド層103については、低損失性を確保するために、導波光の縦方向のスポットサイズを考慮して、その厚さを設定すればよい。

【0016】図2は、MMI 1内を導波光が伝搬する様子を示した図で、波長 $1.55\mu m$ 帯の導波光の2×2光合分波回路について、固有モード展開法を用いた計算結果を示す。なお縦軸は導波光の光強度を示している。ここで、半導体基板101、クラッド層103としてInPを、導波路コア層102にInGaAsPを用い、光入力側では $W_i = 2\mu m$ 、 $W_{gi} = 12\mu m$ 、 $t_{gi} = 0.3\mu m$ とし、光出力側では $W_o = 8\mu m$ 、 $W_{go} = 48\mu m$ 、 $t_{go} \leq 0.1\mu m$ としており、出力導波路3のスポットサイズは通常の光ファイバとほぼ同程度の大きさになるように構成されている。 $z = 0$ の位置は、MMI 1の光入射部に相当する。図に示すように、入射光はMMI 1内で徐々に拡大され、光軸方向の位置 $z = \text{約} 0.8mm$ の箇所で導波光の光強度は2分割されている。この時、横(x軸)方向のスポットサイズ変換率は約4倍になっており、MMI 1の導波路幅比( $W_{go}/W_{gi}$ )、入出力導波路2、3の幅比( $W_o/W_i$ )におよそ対応することが分かる。したがって、拡大された出力導波路3もしくは光ファイバを(およそ $d_{o1} = d_{o2} = d_{o3} = W_{go}/3$ )の位置に設定すれば、低損失なスポットサイズ変換機能付2×2光合分波回路が実現される。

【0017】上述のように、本発明においては、下記①～③の様な原理を利用する事によって低損失かつ小形の

スポットサイズ変換機能付光合分波回路を実現している。

【0018】①MMI 1内で励振される各モードのx軸方向の大きさは、MMI 1の横方向閉じ込め効果が大きいことから、MMI 1の幅 $W_g(z)$ とほぼ同じ大きさになる。

【0019】②MMI 1の幅 $W_g(z)$ もしくはコア厚 $t_g(z)$ を光の伝搬方向(z軸)でテーパ状にして、各モードの大きさを光軸方向で徐々に変換させることができる。なお、縦方向(y軸)のモードの大きさは、導波路コア層102の屈折率の大きさをz軸方向で徐々に変化させることによって変換できる。

【0020】③MMI 1の最適なデバイス長Lは、実効的導波路の幅 $W_g(z)$ に対して $W_g(z)^2$ に比例す \*

$$W_g(z) = W_{gi} + (W_{go} - W_{gi}) \cdot (z/L)^a \text{----- (2)}$$

の関係で与えた場合を示している。すなわち、形状パラメータaに対して、 $a=1$ はテーパが直線状の場合を、 $a=2$ はテーパが放物線状の場合を示す。図に示すように、最適のデバイス長Lは、MMI 1光入力側の導波路幅 $W_{gi}$ を小さくする程、また形状パラメータaを大きくする程小さくなり、小形化が可能なが分かる。また、入出力導波路2、3間の過剰損失も、MMI 1を適当なテーパ形状にすることによって低く抑えることができる。この他に、テーパ形状として例えば指数関数状など、MMI 1の幅 $W_g(z)$ が光軸方向で緩やかに変化する形状をとれば、低損失な光合分波回路が実現できる。

【0023】図4は、本発明による2×2光合分波回路の他の実施の形態を示す上面図である。MMI 1は光軸(z軸)に対して非対称構造をとっており、MMI 1の幅 $W_g(z)$ はテーパ形状によって徐々に広がっている。この場合も、MMI 1に接続される導波路デバイスの形状・配置等を考慮した最適な光合分波回路構造を設定できる。

【0024】図5は、本発明による2×1光合分波回路の実施の形態を示す上面図である。図に示すように、MMI 1入力側の幅 $W_{gi}$ を長さ $L_1$ だけ一定に保ち、残りの長さ $L_2$ の領域をテーパ形状に拡大している。

【0025】図6は、本発明による2×1光合分波回路の他の実施の形態を示す上面図である。MMI 1の中ほどの幅 $W_g(z)$ を入出力部の幅より狭くすることによって、デバイス長L(=L<sub>3</sub>+L<sub>4</sub>)を相対的により短くする事が可能となる。また、入力導波路2a、2b、出力導波路3の構造を $W_i = W_o$ 、 $W_{gi} = W_{go}$ と同じにしても、MMI 1の中間付近を相対的に狭くすることによって、デバイス長Lを短く構成できるので、小形の光合分波回路を実現できる。なお、2×1光合分波回路の場合、入力導波路2は、およそ $d_{i1} = d_{i3} = W_{gi}/4$ 、 $d_{i2} = W_{gi}/2$ の位置に設定すればよい。

【0026】図7は、本発明による1×8光合分波回路

\* 関係がある。この関係を利用して、MMI 1内の実効的導波路の幅 $W_g(z)$ を狭くすることによってデバイス長Lを短小化することができる。

【0021】図3は、入力導波路2の幅 $W_i$ 、MMI 1入力側の幅 $W_{gi}$ に対するデバイス長Lと過剰損失(出力導波路3の結合損失を含む)の関係を示した図である。図1の実施の形態において、光出力側では光ファイバと低損失な結合を得るために $W_o = 8 \mu m$ 、 $W_{go} = 48 \mu m$ として、入力導波路2の幅 $W_i$ 、MMI 1光入力側の幅 $W_{gi}$ に対する2×2光合分波回路のデバイス長Lと(過剰損失+結合損失)の関係を示す。ここで、MMI 1の幅 $W_g(z)$ は、

【0022】

【数2】

の実施の形態を示す上面図である。本発明の原理を用いて、入出力導波路2、3の $W_i$ 、 $W_o$ 、 $d_o$ やMMI 1の $W_{gi}$ 、 $W_{gm}$ 、 $W_{go}$ 等の大きさを適切な大きさに設定し、z軸方向でMMI 1の幅 $W_g(z)$ をテーパ状に構成する事によってデバイス長Lを短くできる。

【0027】図8は、図7の実施の形態において、 $W_i = W_o = 2 \mu m$ 、 $W_{go} = 32 \mu m$ 、 $d_o = 4 \mu m$ として、MMI 1の幅 $W_g(z)$ を直線テーパ状にした時、1×8光合分波回路のMMI 1入力側の幅 $W_{gi}$ に対するデバイス長Lと過剰損失(含結合損失)の関係を示している。 $W_{gi} = 32 \mu m$ の特性は従来の場合であるが、図に示すように、 $W_{gi}$ を狭くすることによって、過剰損失の大幅な増加を招くことなく、デバイス長Lを短小化できる。

【0028】図9は、本発明による光合分波回路のその他の実施の形態を示す上面図である。この場合、MMI 1への入力導波路は設定せずに、光ファイバ904をMMI 1の光入力部端面に直接光結合をとっている。光ファイバ904の導波光のスポットサイズは光ファイバコア905の半径と同程度の大きさになるので、この大きさに合わせてMMI 1の構造を設定すれば本発明の効果を得ることができる。したがって、スポットサイズ変換比 $W_o/W_i$ の大きさにおおよそ合わせるようにMMI 1の幅比 $W_{go}/W_{gi}$ を設定すればよい。

【0029】なお本発明において、この比の大きさ $W_o/W_i$ に対して、 $W_{go}/W_{gi}$ を異なった大きさにする、すなわち、 $W_{gi}$ もしくは $W_{go}$ をより狭くして、入出力導波路位置をそれに合わせて最適箇所に設定することにより、本発明の原理によってデバイス長Lを大幅に短小化できる。

【0030】上記の図4～9に示した実施の形態は、入出力導波路の幅の比 $W_i/W_o$ の大きさと、MMI 1の光入出力部の導波路幅比 $W_{gi}/W_{go}$ の大きさと異なっていることを特徴としている。

【0031】以上の説明では、波長1.55  $\mu m$ 帯の導

波光で、導波路コア層102の材質としてInGaAsP、半導体基板101およびクラッド層103にInPを用いた場合を示したが、導波光の波長や、モノリシック集積等によって接続される光機能デバイス、あるいは光結合される光ファイバのスポットサイズに含わせて、導波路の材料・材質・構造・寸法を適切に設定すれば、本発明の効果を同様に得る事ができるのは自明である。例えば、導波路コア層102として、モノリシックに集積される機能デバイス部コアの構造と同じ構造としてもよく、半導体のエピタキシャル再成長法を用いて機能デバイス部とは異なる組成・構造をもつ導波路の直接突き合わせ構造をとってもよく、あるいはMQW (Multiple QuantumWell) 構造等の多層膜構造をとってもよい。MMI1および入出力導波路2、3の周辺部については、誘電体や半導体材料で埋め込んだ構成にしてもよい。また、導波路材料として、ガラス、石英等の無機材料、ポリイミド等の有機材料、LiNbO<sub>3</sub>等の強誘電体材料などあらゆる光導波路材料を用いたデバイスに対しても本発明を適用することができる。

【0032】なお、上記の説明では、MMI1の入出力部に入出力導波路2、3を配置した場合を示したが、MMI1の入出力部に他の光導波路デバイスがそれぞれの導波路端面で直接光結合をとる場合、あるいはレンズを介して接続される場合も、それら接続される導波光のスポットサイズに合わせるように、MMI1の構造・材質・寸法を適当に設定すれば本発明の効果を達成することができる。

【0033】また、上記の説明では、単一波長の導波光を取り扱うm×n光合分波回路の場合を示したが、これ以外に、1.3μm帯あるいは1.5μm帯等の少なくとも2つ以上の波長の導波光を取り扱うm×n光合分波回路に本発明を利用できる。例えば、図6のような構成において、デバイス長L(=L<sub>1</sub>+L<sub>2</sub>)を適当な長さに設定すれば、一方の入力導波路2aから1.3μmの導波光を、もう一方の入力導波路2bから1.5μmの導波光を入射すると、出力導波路3に低損失でそれぞれの導波光を出力させることができる。逆に出力導波路3から、1.3μmおよび1.5μmの導波光を入射すると、入力導波路2a、2bから1.3μmおよび1.5μmの導波光を分離して出力させることができる。この時、本発明の効果により、W<sub>gi</sub>、W<sub>go</sub>を適当な大きさに限定すれば、導波光のスポットサイズを変換できる。また、MMI1の中間部の幅W<sub>g</sub>(z)をテーパ状に細くすることによって、デバイス長Lを短くすることが可能となる。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る光合分波回路においては、MMIの幅をテーパ状に変化させ、導波路の幅を光入力側と、光出力側で変化させることにより、導波光のスポットサイズを低損失で変換でき

ると共に、デバイス長を短く構成でき、小形の光合分波回路が実現可能となった。

【0035】また、MMIの中間部の導波路幅を、光入力側および光出力側の導波路幅より小さくすることにより、デバイス長を相対的に短くすることができた。

【0036】また、入出力導波路の幅の比率と、MMI光入出力側の導波路幅の比率とを変えることにより、上述と同様の効果が得られ、デバイス長を大幅に短くすることができた。

【0037】また、上記MMIのコア層の実効的厚さ、もしくは屈折率の大きさを変えることにより、上述と同様の効果が得られた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光合分波回路の実施の形態を示す図である。

【図2】MMI内を導波光が伝搬する様子を示した図である。

【図3】導波路幅に対するデバイス長と過剰損失の関係を示した図である。

【図4】本発明による2×2光合分波回路の他の実施の形態を示す図である。

【図5】本発明による2×1光合分波回路の実施の形態を示す図である。

【図6】本発明による2×1光合分波回路の他の実施の形態を示す図である。

【図7】本発明による1×8光合分波回路の実施の形態を示す図である。

【図8】導波路幅に対するデバイス長と過剰損失の関係を示した図である。

【図9】本発明による光合分波回路のその他の実施の形態を示す図である。

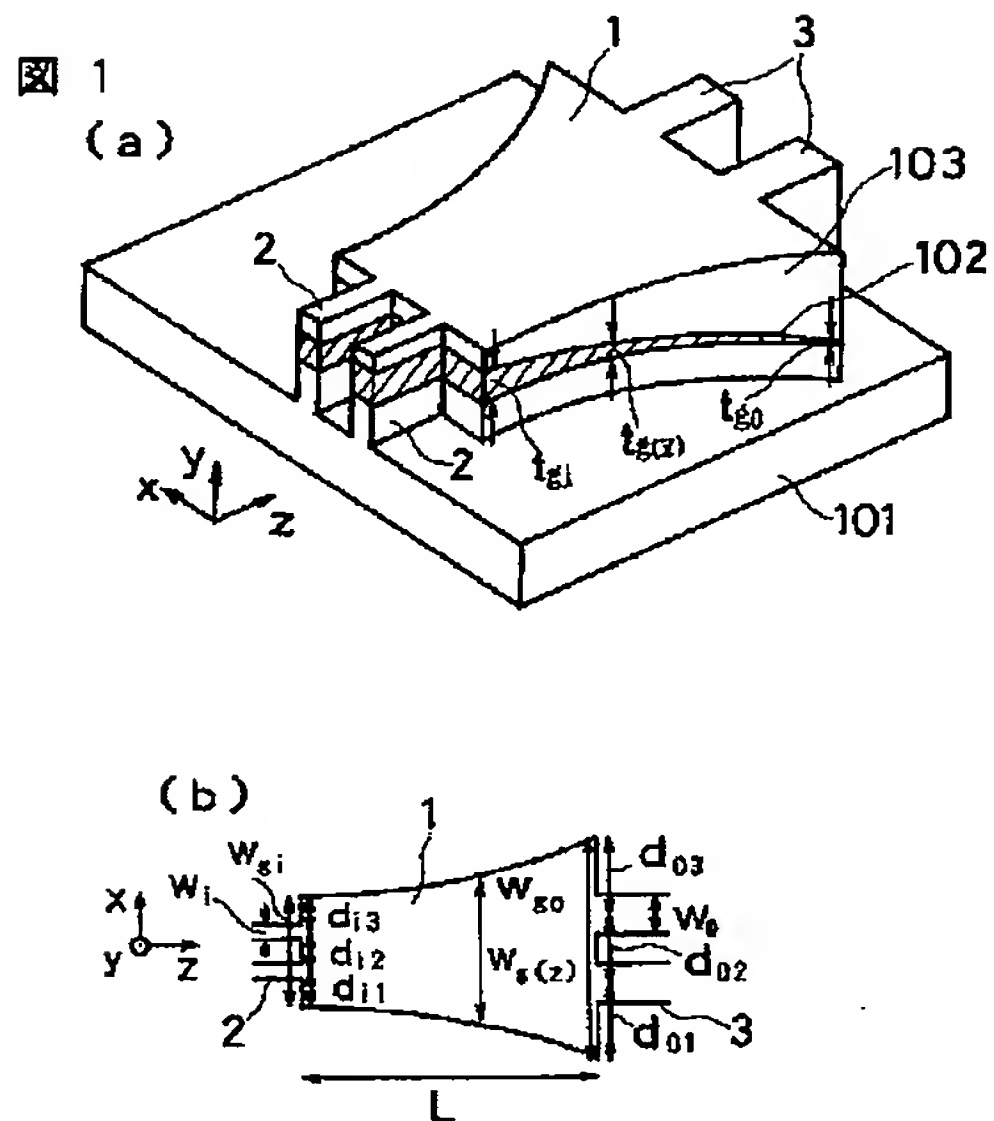
【図10】従来の光合分波回路の基本構成を示す図である。

【符号の説明】

1	: MMI
2	: 入力導波路
2a	: 入力導波路
2b	: 入力導波路
3	: 出力導波路
4a	: 入力光
4b	: 出力光
101	: 半導体基板
102	: 導波路コア層
103	: クラッド層
1001	: 従来技術の半導体基板
1002	: 従来技術の導波路コア層
1003	: 従来技術のクラッド層
904	: 光ファイバ
905	: 光ファイバコア
906	: クラッド

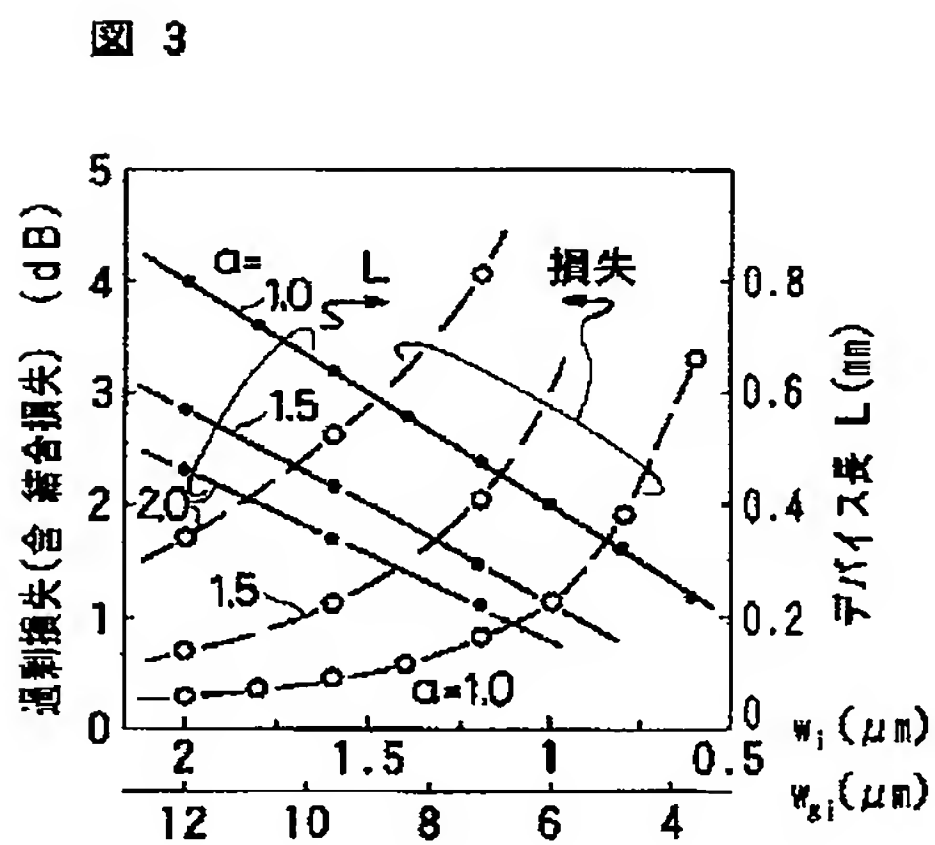
$L$  : デバイス長  
 $t_g(z)$  : コア厚 (位置  $z$ )  
 $t_{gi}$  : コア厚  
 $t_{go}$  : コア厚  
 $W_i$  : 入力導波路の幅  
 $W_o$  : 出力導波路の幅  
 $W_{gi}$  : MMI 入力側の幅

【図1】



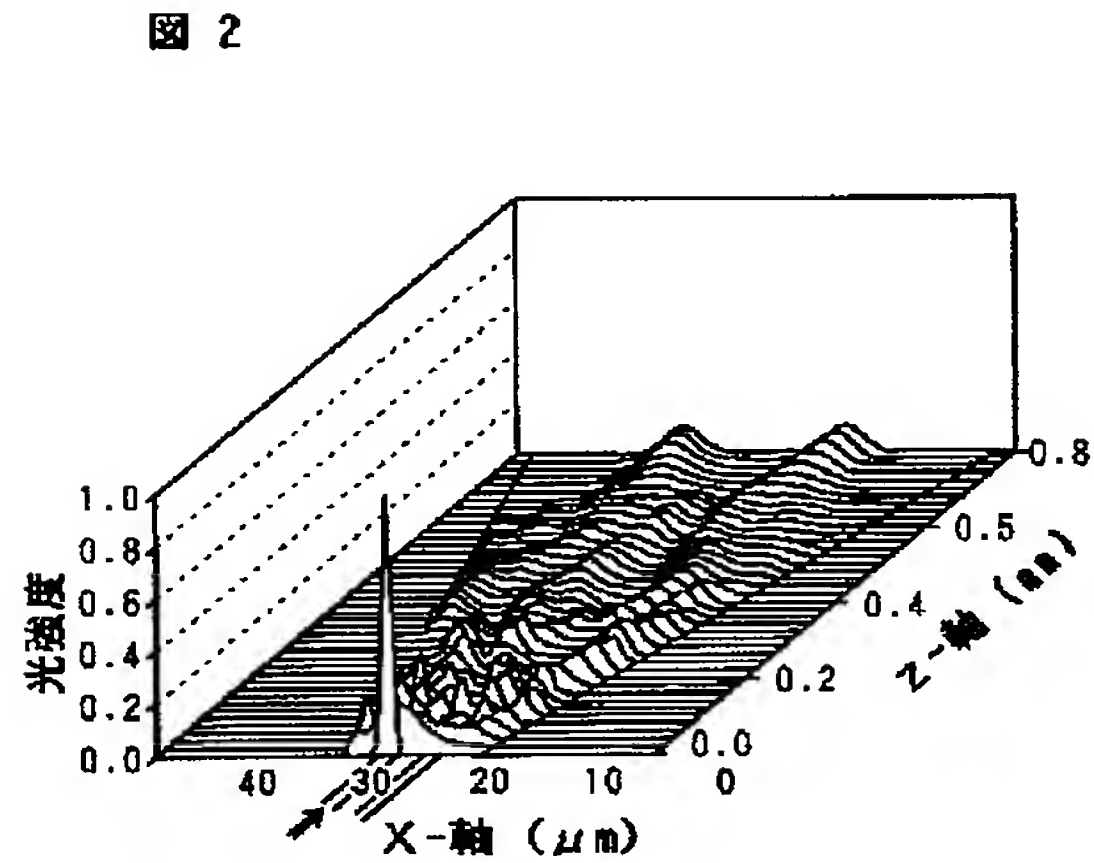
1: MMI  
 2: 入力導波路  
 3: 出力導波路  
 101: 半導体基板  
 102: 導波路コア層  
 103: クラッド層  
 $L$ : デバイス長  
 $t_g(z)$ : コア厚 (位置  $z$ )  
 $t_{gi}$ : コア厚  
 $t_{go}$ : コア厚  
 $W_i$ : 入力導波路の幅  
 $W_o$ : 出力導波路の幅  
 $W_{gi}$ : MMI 光入力側の幅  
 $W_{go}$ : MMI 光出力側の幅  
 $W_g(z)$ : MMI 部の幅 (位置  $z$ )  
 $d_{i1} \sim 3$ : 入力導波路の間隔  
 $d_{o1} \sim 3$ : 出力導波路の間隔

【図3】



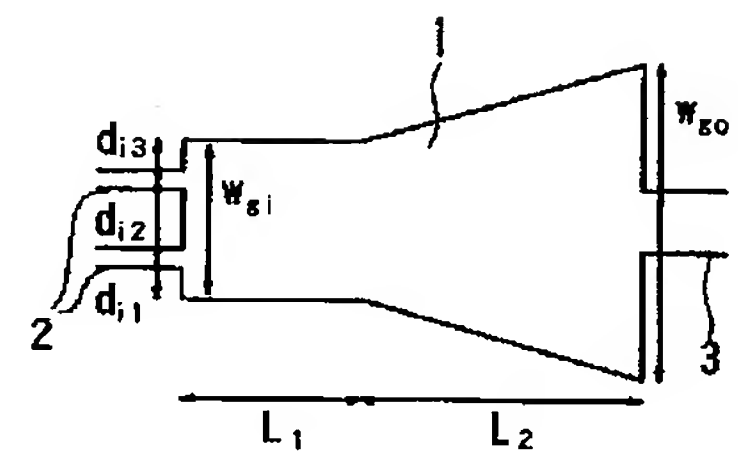
$W_{gm}$  : MMI 中間最小部の幅  
 $W_{go}$  : MMI 出力側の幅  
 $W_g$  : MMI の幅  
 $W_g(z)$  : MMI の幅 (位置  $z$ )  
 $d_{1 \sim 3}$  : 導波路間隔  
 $d_{i1 \sim 3}$  : 入力導波路の間隔  
 $d_{o1 \sim 3}$  : 出力導波路の間隔

【図2】



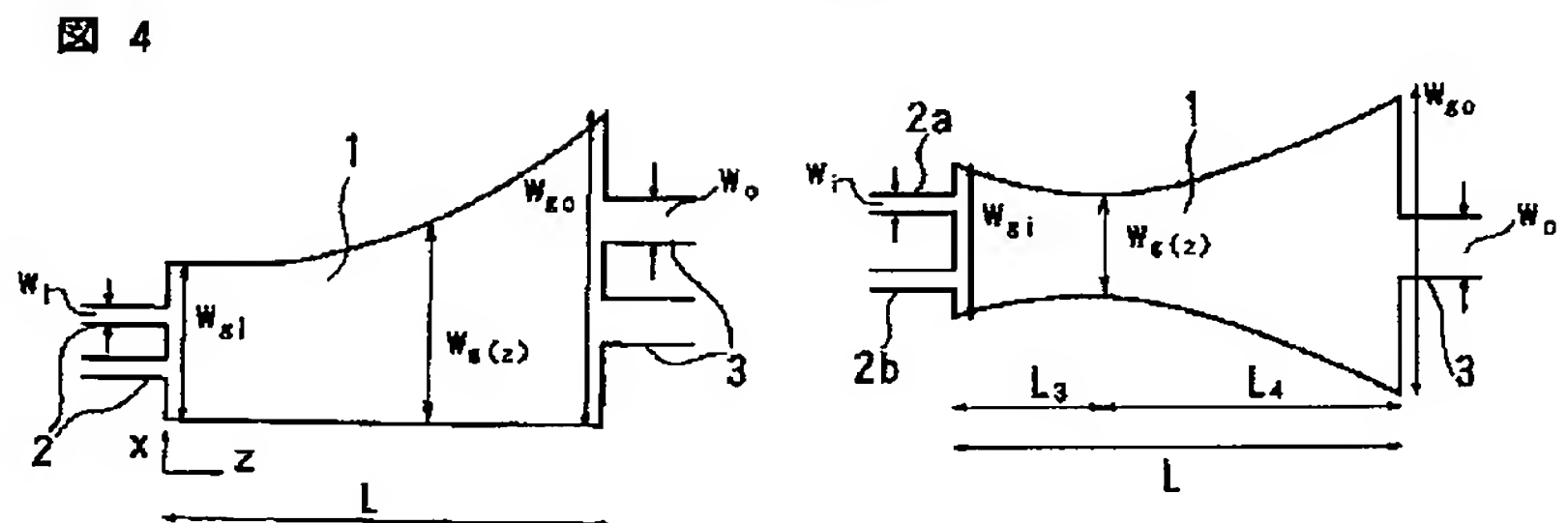
【図5】

図 5



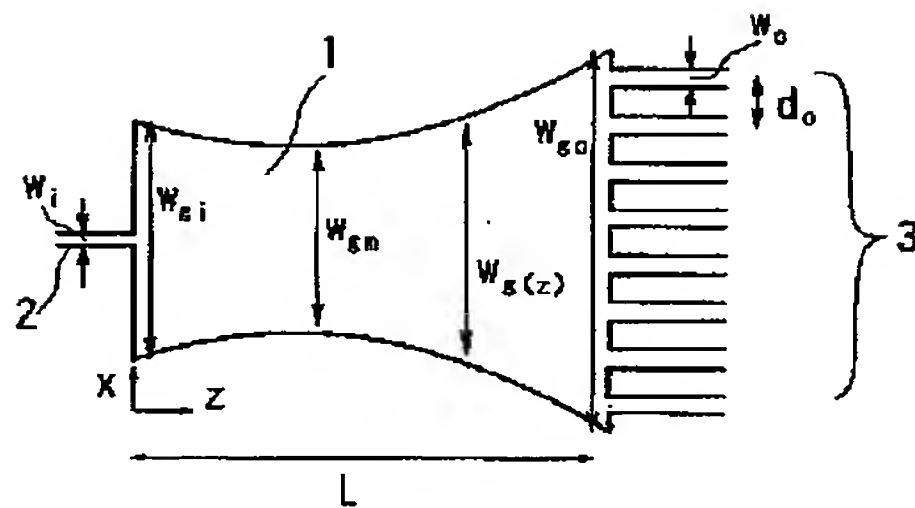
【図6】

図 6



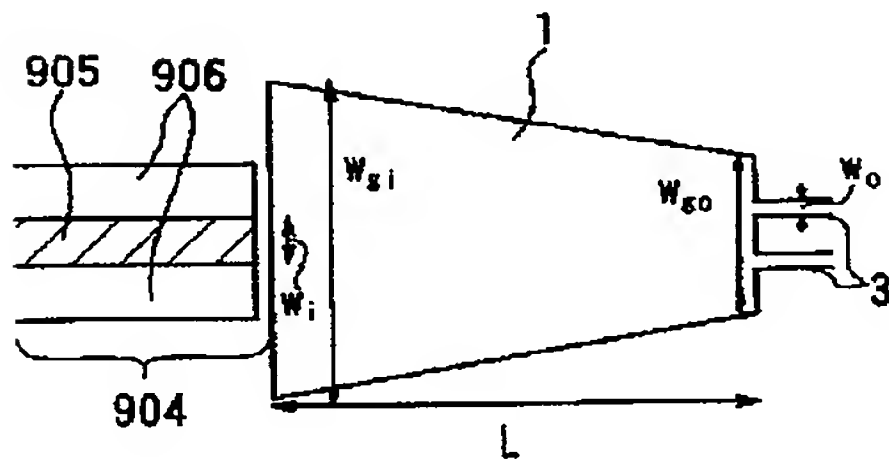
【図7】

図 7



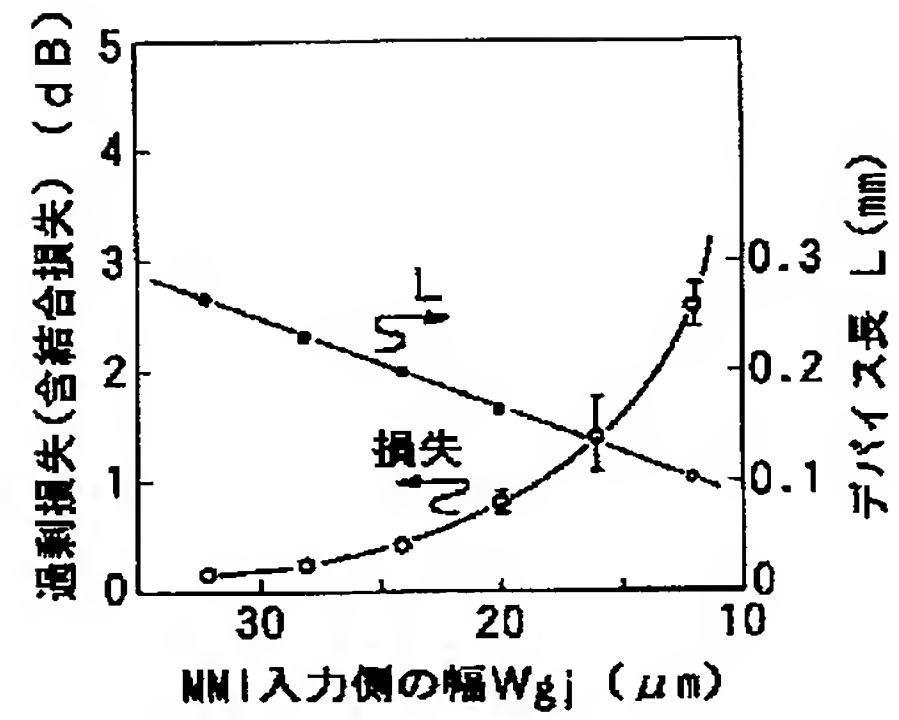
【図9】

図 9



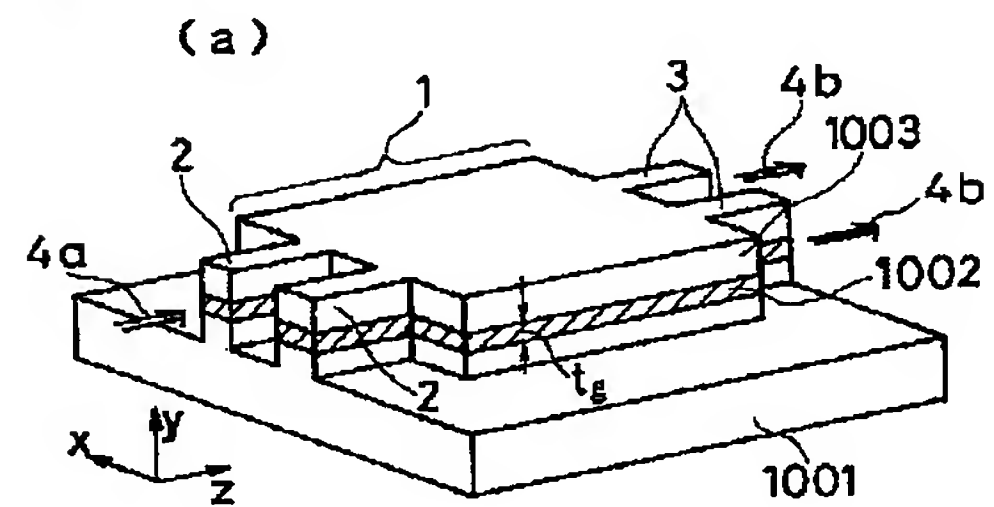
【図8】

図 8

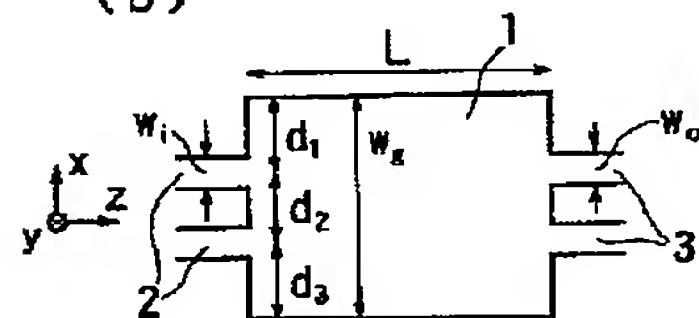


【図10】

図 10



(b)



フロントページの続き

(72)発明者 吉本 直人  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72)発明者 川口 悦弘  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内